

截线抽样法在中国水域鲸豚考察中的应用及其局限性与改进建议

赵修江^{1,2} 王丁^{1,2*}

(1 中国长江三峡集团公司, 宜昌 443002) (2 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要: 截线抽样法广泛应用于鲸豚类动物的考察。通过文献调查并结合我们自己的研究工作, 本文从考察设计、野外考察和数据分析三个方面分析了截线抽样法在我国水域应用时可能出现的问题。针对考察设计, 提出了截线设计的建议。针对野外考察, 主要从观察平台、人员配置、观察方法和记录方法几个方面提出建议。针对分析过程, 介绍了使用 R 编程平台和 Distance 软件进行数据预处理和数据分析的简要过程。笔者期望本文的相关建议有助于促进我国鲸豚类考察方法的规范化。

关键词: 白鬻豚; 截线抽样法; 考察方法

中图分类号: Q958

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050(2011)02-0179-06

Limitations to the application of line transect surveying on cetaceans in Chinese waters and recommendations

ZHAO Xiujiang^{1,2}, WANG Ding^{1,2*}

(1 China Three Gorges Corporation, Yichang 443002, China)

(2 Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China)

Abstract: Line transect methods are widely used in the surveys of cetaceans worldwide. Based on a literature survey and on our own experiences, we reviewed possible application problems in survey design, field survey, and data analysis stages of such kinds of surveys in Chinese waters. Thus, for survey design, relevant recommendations on transect design were proposed. For field surveys, suggestions were made on observation platforms, observer configurations, observation methods, and recording methods. For data analysis, we proposed processing procedures on preliminary treatment of data and line transect analysis based on R programming platform and Distance program. We hope this paper would facilitate the normalization of line transect surveys in China.

Key words: Baiji (*Lipotes vexillifer*); Line transect method; Survey method

1 截线抽样法在我国水域的应用

截线抽样法是鲸豚类种群数量调查方法中使用最广泛的方法之一。其应用范围既涵盖了体型庞大的须鲸类, 如座头鲸 (*Megaptera novaeangliae*; Barlow, 1995; Calambokidis and Barlow, 2004)、抹香鲸 (*Physeter macrocephalus*; Wade and Gerrodette, 1993; Barlow *et al.*, 2001; Barlow and Taylor, 2005) 和蓝鲸 (*Balaenoptera musculus*; Wade and Gerrodette, 1993; Barlow, 1995; Calambokidis and Barlow, 2004), 同时也包括了体型相对较小的齿鲸类, 如瓶鼻海豚 (*Tursiops truncatus*; Barco

et al., 1999)、真海豚 (*Delphinus* spp.; Forney and Barlow, 1998; Wison *et al.*, 1999) 和太平洋斑纹海豚等 (*Lagenorhynchus obliquidens*; Barlow, 1995; Forney and Barlow, 1998)。我国水域的鲸豚类考察主要集中于几种濒危程度较高的物种, 如白鬻豚 (*Lipotes vexillifer*; 陈佩薰, 1980, 1987, 1997; 周开亚, 1977, 1982; Zhang *et al.*, 2003)、长江江豚 (*Neophocaena phocaenoides asiaorientalis*; 张先锋等, 1993; 周开亚和杨光, 1998; 肖文和张先锋, 2000, 2002; 杨健等, 2000; 魏卓等, 2002; Zhao *et al.*, 2008)、中华白海豚 (*Sousa chinensis*; 刘文华和黄宗国, 2000; Chen *et al.*,

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30730018)

作者简介: 赵修江 (1981-), 男, 博士后, 研究方向为动物生态学和保护生物学。

收稿日期: 2010-07-17; 修回日期: 2010-12-17

* 通讯作者, Corresponding author, E-mail: wangd@ihb.ac.cn

2008; Jefferson *et al.*, 2004; Zhou *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2010) 和瓶鼻海豚 (*Tursiops* spp.; 杨光等, 1997, 2000)。其中, 白鬚豚和长江江豚主要分布在长江及相连的大型湖泊, 而中华白海豚和瓶鼻海豚在我国近海有分布。

在长江豚类考察过程中, 受长江带状地貌特征以及航运等因素的影响, 截线抽样法相对难以开展 (Zhao *et al.*, 2008)。在研究初期 (1970 年代至 1980 年代), 主要使用直接计数法对动物数量进行绝对计数 (周开亚等, 1977; 周开亚, 1982; 陈佩薰等, 1980, 1997; 林克杰等, 1985; 陈佩薰和华元渝, 1987; Chen and Hua, 1989; 陈佩薰和张先锋, 1993)。照相识别方法也有应用, 但使用频次较少 (Hua *et al.*, 1989, 1990; Zhou *et al.*, 1989; 华元渝和章贤, 1994)。1990 年代初, 张先锋等 (1993) 根据长期的长江江豚考察经验发展出了可见系数法, 并使用它第一次综合评估了长江江豚的种群数量。该方法被相关研究者广泛沿用 (周开亚和杨光, 1998; 杨健等, 2000; 于道平等, 2001; 肖文和张先锋, 2002; 魏卓等, 2002; Zhang *et al.*, 2003)。1990 年代末, 研究者开始尝试于丰水期在鄱阳湖中进行截线抽样法考察 (肖文和张先锋, 2000)。2006 年, 中国科学院水生生物研究所从考察设计、野外考察和数据分析三个层面进行了周密设计, 较为完善地完成了长江干流长江江豚截线抽样法考察, 并获得了比较可靠的长江江豚种群数量估计 (Zhao *et al.*, 2008)。

在我国的海豚考察中, 截线抽样法的应用比例极高。在中华白海豚分布的水域, 包括北部湾水域、雷州半岛水域、珠江口水域、汕头水域、厦门水域、浙江省沿岸水域、长江口水域和台湾水域等, 均有应用截线抽样法进行考察的案例 (Jefferson, 2000; Jefferson and Hung, 2004)。其中, 珠江口水域的调查最为系统和细致, Jefferson (2000)、Jefferson 和 Leatherwood (1997)、Jefferson 和 Hung (2004)、Chen 等 (2010)、贾晓平等 (2000) 以及陈大山和吴瑞荣 (1997) 分别在该水域开展了研究。厦门水域近年来逐渐成为除珠江口以外的另一个研究热点, 相关考察日益增多 (陈炳耀, 2007; Chen *et al.*, 2008; Jefferson and Hung, 2004)。其他几个水域开展的考察包括张振华 (2009) 在湛江东部海域的考察, 刘宣 (2007) 在广东大襟岛水域的考察, Wang 等 (2004, 2007) 在台湾海峡东部水域考察, 杨伯华和邓超

冰 (2006) 在北部湾水域考察以及王倩 (2006) 在广西合浦水域考察等。对瓶鼻海豚的截线抽样法考察尚不多, 目前仅见杨光等 (1997, 2000) 的报道。

2 截线抽样法应用中的常见问题和相关建议

截线抽样法在我国水域的鲸豚类考察中应用日趋广泛和频繁, 尤其随着国家海洋权益保护和民众环境保护意识的增强, 我国水域内分布的 36 种鲸豚类动物 (王丕烈, 1999) 都必将逐步进入考察之列。截线抽样法属于距离抽样理论, 该方法的应用须满足几个基本假设 (Buckland *et al.*, 2000, 2001, 2004)。即: 1) 位于截线上的动物都能被发现, 或者发现概率是常数; 2) 目标动物在被发现时没有因为观察者而出现趋近或逃避的行为, 即动物未被干扰; 3) 距离和角度等测量值是准确的; 4) 样线是随机的, 或是经过缜密设计的。根据我们自己的考察经验和文献调查, 针对我国水域内的鲸豚类截线抽样法考察中存在的一些问题, 从考察设计、野外考察和数据分析三个方面提出建议, 希望有助于促进我国鲸豚类考察方法的规范化。

2.1 考察设计

考察设计阶段的问题主要体现在截线设计方面。比较常见的问题是考察者对截线设计的重要性认识不足, 未按照截线抽样法要求进行路线设计。比较典型的不当路线有: 1) 以一条横穿宽阔水域的居中航线作为考察路线; 2) 简单地将数个节点 (如码头、城镇等) 进行串联, 并以这种串联线作为考察路线; 3) 概念性错误, 如误将节点串联而成的折线理解为 Zigzag 设计; 4) 事先未对路线进行任何规划设计。上述几种情况因无法保证考察区域的良好覆盖度和典型代表性, 与上述基本假设 4 相悖。

良好的截线设计是截线抽样法考察成败的关键。截线设计的缺陷是无法通过其他手段如分析技术弥补的 (Buckland *et al.*, 2001; Thomas *et al.*, 2010)。常用的截线设计方式包括: 系统平行线路设计, 随机平行线路设计, 等角之字路线设计和等距之字路线设计等 (Buckland *et al.*, 2001)。无论是何种方式, 原则上均应尽可能避免沿与动物密度梯度平行的方向布线, 以防止动物种群数量估计出现偏差 (Buckland *et al.*, 2001)。就中华白海

豚而言，海豚在近岸水域具有密度梯度垂直于海岸线的特点，参考类似的近岸浅海水域海豚考察，可采取与岸线垂直或者呈 45° 角的方式 (Dawson *et al.*, 2008)；就长江豚类而言，由于长江航运繁忙，频繁横过江面是非常危险的。因此，采取折中设计是必要的，如 Zhao 等 (2008) 在考察中采取了与岸线平行且间距 300 m 的路线。在开阔水域，平行线系统布线设计因为布线容易、且易于导航而可作为首选。而在复杂区域，可以利用地理分层将考察区域划分为不同的子研究区块 (Stratification)，不同区块适用不同的布线方式 (Thomas *et al.*, 2007)。一般情况下，几种方案的比选可以根据截线的覆盖度和代表性来判断。比选过程可以在 Distance 软件 (Thomas *et al.*, 2006) 内通过计算模拟来进行。

2.2 野外考察

野外考察中的问题主要涉及观察平台、人员配置、观察方法和记录方法几个方面。常见问题包括：1) 截线上的发现概率并非 100%，但未进行校正，这违反上述基本假设 1；2) 距离估计不准确，但并未采取校正措施，这与上述基本假设 3 相悖；3) 缺乏缓解疲劳的必要措施，影响观察者观测能力；4) 观察者的人员配置不合理 (有无经验、人数等)、观察范围不清；5) 观察平台选择不当；6) 截线抽样法与照相识别同步开展；7) 记录时，过于关注发现动物信息，往往遗漏其他重要辅助信息。

针对上述问题，可供参考的相关建议包括：1) 通常可采用 CIO 方法 (Conditional Independent Observer, Barlow, 1995) 计算 $g(0)$ 值，用于校正漏数动物比例；2) 若使用目测估计距离，应经常开展距离校正训练与测试，以改进观察者的估测能力；3) 考察需多名观察者，以定时轮班观察保持精力充足；4) 为保证良好覆盖度，观察时以两名以上的观察者同时观察为宜；为便于比较，不同航次的考察人员配置须保持一致；5) 截线抽样法考察一般要求观察平台平稳、具备一定高度、且视野开阔无障碍 (Buckland *et al.*, 2001, 2004; Dawson *et al.*, 2008)。从这个意义上讲，常用于照相识别的高速小艇未必适合截线抽样法考察；6) 截线抽样法和照相识别两种方法均可用于种群数量估计，但二者并不宜同时开展。照相识别需频繁且长时间地跟踪拍照，必然会影响到截线抽样法的探测概率，另外，还可能造成动物的重复计数；7) 传

统的记录方式过于关注动物信息，往往仅在考察开始而非全程记录天气变化、努力量情况、航行情况等辅助信息，而这些辅助信息对于分析过程意义重大。例如，即时的天气信息 (如每 30 min 更新一次) 可用于基于天气等级的数据分类分析 (即在不同天气下，如以雨、雾、风、能见度等情况划分为优、良、中、差等级，分别拟合探测函数)。再如，详尽的考察努力量记录，包括暂停与重新开始的详细时间记录，如停船确认群体大小时有助于剔除无效努力量。笔者建议考察者参考世界上成熟的事件代码式记录方式进行记录 (如美国西南渔业中心的海洋哺乳动物考察, Robert Pitman, 个人通讯)。2006 年的长江淡水豚类考察使用了该记录方式，取得了良好的效果 (Zhao *et al.*, 2008)。尤其值得一提的是，该记录方式不仅能保证数据录入快捷，而且在数据分析时通过自编程序处理时极为方便。建议考察者可结合自身实际情况，对该记录方式进行细微修改后投入使用 (可参考长江淡水豚类预考察报告*)。

2.3 数据分析

该过程是将原始数据输入或导入 Distance 分析软件 (Thomas *et al.*, 2006) 并选取合适模型进行分析的过程。分析阶段的处理步骤比较灵活，笔者对不同研究者的分析细节无从知晓。在此，笔者仅根据自己的经验，简要概述数据分析时应注意的问题。笔者建议，分析过程按照数据预处理和数据分析两个过程来进行。数据预处理是对数据进行勘误和适当处理，并得到能够导入 Distance 软件的数据集。笔者推荐借助于计算机编程技术进行数据预处理。如通过 R 平台 (R Development Core Team, 2007) 或其它常用语言，实现自动化计算努力量、数据分层、Distance 可读的 CSV 文件生成等各类数据的汇总和预处理。与常规的处理方式 (手动计算或 Excel 表格处理) 相比，编程处理在准确性和效率方面具有无可比拟的优势。数据分析是在 Distance 软件中选用不同模型拟合探测函数等的过程。在该阶段，需要特别注意灵活运用数据的分层 (Stratification) 与合并 (Pool) 的灵活运用。数据分层可根据不同因素的不同水平进行，这些因素包括水域、时间、垂直距离、群体大小、考察船、天气情况和发现者身份等。需要注意的是，过细的地

* 报告下载地址：http://www.baiji.org/fileadmin/pdf/PYFDE_Report.pdf，下载于 2010.4.27

理分层会造成层内数据量减少, 可导致缺乏足够的群组数用于探测函数拟合。在数据量偏低时, 可以考虑将具有相似特征的数据, 如不同年份同一季节间的数据, 进行合并处理。推荐使用地理信息系统平台 (如 ArcGIS, ESRI Inc.; SuperMap, SuperMap Software Co., Ltd. 等分析软件) 结合卫星图片或其他地理信息数据进行面积计算。对于水域面积受季节影响较大的水域, 须特别注意选取适时的卫星图片。若经费紧张, 一些免费资源如 Google Earth (Google Inc.) 也是不错的选择。

3 结论

本文通过对我国几种鲸豚类的考察方法进行文献调查, 并根据我们自己的研究经验总结了我国在鲸豚类截线抽样法考察中存在的主要问题。这些问题可能导致的后果包括: 1) 考察结果精度较低, 难以获得较为可信的种群数量估计; 2) 考察的重复性较差, 难以在某一固定水域沿时间尺度开展可比较的序列考察; 3) 考察结果的对比性差, 难以开展不同水域间的比较研究, 如相邻水域间数量比较和迁移行为判别分析等; 4) 较为粗糙的考察结果限制了政府职能部门对种群管理的有效性。针对这些问题, 本文在考察设计、野外考察和数据分析三个方面提出了相应建议。笔者期望本文的相关建议有助于促进对我国鲸豚类考察方法的规范化。

参考文献:

- Barco S G, Swingle W M, Mlellan W A, Harris R N, Pabst D A. 1999. Local abundance and distribution of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the nearshore waters of Virginia beach, Virginia. *Marine Mammal Science*, **15**: 394 - 408.
- Barlow J. 1995. The abundance of cetaceans in California waters. Part I: ship surveys in summer and fall 1991. *Fisheries Bulletin*, **93** (1): 1 - 14.
- Barlow J, Gerodette T, Forcada J. 2001. Factors affecting perpendicular sighting distances on shipboard line-transect surveys for cetaceans. *Journal of Cetacean Research and Management*, **3**: 201 - 212.
- Barlow J, Taylor B L. 2005. Estimates of sperm whale abundance in the northeastern temperate Pacific from a combined acoustic and visual survey. *Marine Mammal Science*, **21**: 429 - 445.
- Buckland S T, Anderson D R, Burnham K P, Laake J L, Borchers D L, Thomas L. 2001. Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford: Oxford University Press.
- Buckland S T, Anderson D R, Burnham K P, Laake J L, Borchers D L, Thomas L. 2004. Advanced Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford: Oxford University Press.
- Buckland S T, Goudie I B J, Borchers D L. 2000. Wildlife population assessment: past developments and future directions. *Biometrics*, **56**: 1 - 12.
- Calambokidis J, Barlow J. 2004. Abundance of blue and humpback whales in the eastern north Pacific estimated by capture-recapture and line-transect methods. *Marine Mammal Science*, **20**: 63 - 85.
- Chen P, Hua Y. 1989. Distribution, population size and protection of *Lipotes vexillifer*. In: Perrin W F, Brownell Jr. R L, Zhou K, Liu J eds. Biology and conservation of the river dolphins. *Occasional Papers of IUCN/SSC* (vol. 3). Gland, Switzerland: IUCN. 81 - 85.
- Chen B, Zheng D, Zhai F, Xu X, Sun P, Wang Q, Yang G. 2008. Abundance, distribution and conservation of Chinese white dolphins (*Sousa chinensis*) in Xiamen, China. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, **73** (2): 156 - 164.
- Chen T, Hung S K, Qiu Y, Jia X, Jefferson T A. 2010. Distribution, abundance, and individual movements of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in the Pearl River Estuary, China. *Mammalia*, **74**: 117 - 125.
- Chen T, Qiu Y, Jia X, Hung S K, Liu W. 2010. Distribution and group dynamics of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in the western Pearl River Estuary, China. *Mammalian Biology*, **76** (1): 93 - 96.
- Chen B. 2007. A study on the population biology and conservation of the Chinese White dolphin in Xiamen, China. Doctoral Dissertation. Nanjing Normal University. Nanjing. (in Chinese)
- Chen P, Hua Y. 1987. Projected impacts of the Three Gorges Dam on the baiji, *Lipotes vexillifer*, and needs for conservation of the species. In: A Collection of Articles on the Impacts of the Three-Gorges Dam Project on Aquatic Ecosystem Along the Changjiang and Research on Their Countermeasures. Beijing: Science Press, 30 - 41.
- Chen P, Liu P, Liu R, Lin K, Pilleri G. 1980. Distribution, ecology, behavior and protection of the dolphins in the middle reaches of the Changjiang River (Wuhan-Yueyang). *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, **11**: 73 - 84. (in Chinese)
- Chen P, Liu R, Wang D, Zhang X. 1997. Biology, Rearing and Conservation of Baiji. Beijing: Science Press, 127 - 128. (in Chinese)
- Chen P, Zhang X, Wei Z, Zhao Q, Wang X, Zhang G, Yang J. 1993. Appraisal of the influence upon baiji, *Lipotes vexillifer* by the Three-Gorge Project and conservation strategy. *Acta Hydrobiologica Sinica*, **11**: 101 - 111. (in Chinese)
- Dawson S, Wade P, Sooten E, Barlow J. 2008. Design and field methods for sighting surveys of cetaceans in coastal and riverine habitats. *Mammal Review*, **38**: 19 - 49.
- Forney K A, Barlow J. 1998. Seasonal patterns in the abundance and distribution of California cetaceans, 1991 - 1992. *Marine Mammal Science*, **14**: 460 - 489.
- Hua Y, Zhao Q, Zhang G. 1989. The habitat and behavior of *Lipotes vexillifer*. *Occasional papers of IUCN SSC* (vol. 3): 92 - 98.
- Hua Y, Zhang X, Wang X, Wei Z. 1990. A note on the feasibility of using photo identification techniques to study the baiji *Lipotes vexillif-*

- er. *Report of the IWC (Special Issue)*, **12**: 439 - 440.
- Hua Y, Dong M, Zhang X, Xu X. 1994. The study on the identification of individual baiji, *Lipotes vexillifer*, through the technique of tracking photograph. *Resources and Environment in the Yangtze Valley*, **3** (4): 337 - 341. (in Chinese)
- Jefferson T A. 2000. Population biology of the Indo-Pacific hump-backed dolphin in Hong Kong waters. *Wildlife Monographs*, **144**: 1 - 65.
- Jefferson T A, Hung S K. 2004. A review of the status of the Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) in Chinese Waters. *Aquatic Mammals*, **30** (1): 149 - 158.
- Jefferson T A, Latherwood J. 1997. Distribution and abundance of Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) in Hong Kong waters. *Asia Marine Biology*, **14**: 93 - 111.
- Jia X, Chen T, Chow A, Guo G. 2000. Preliminary investigation on the *Sousa chinensis* in the Pearl River Estuary. *China Environmental Science*, **20** (suppl.): 80 - 82. (in Chinese)
- Lin K, Chen P, Hua Y. 1985. Population size and conservation of *Lipotes vexillifer*. *Acta Ecologica Sinica*, **5**: 77 - 85. (in Chinese)
- Liu W, Huang Z. 2000. Distribution and abundance of Chinese white dolphins (*Sousa chinensis*) in Xiamen. *Acta Oceanologica Sinica*, **22** (6): 95 - 101. (in Chinese)
- Liu X. 2007. Habitat selection of Chinese white dolphin (*Sousa chinensis*). Master Thesis. South China Normal University. Guangzhou.
- R Development Core Team. 2007. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Thomas L, Williams R, Sandilands D. 2007. Designing line transect surveys for complex survey regions. *Journal of Cetacean Research and Management*, **9** (1): 1 - 13.
- Thomas L, Laake J L, Strindberg S, Marques F F C, Buckland S T, Borchers D L, Anderson D R, Burnham K P, Hedley S L, Pollard J H, Bishop J R B, Marques T A. 2006. Distance 5.0. Release 2. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK. Available at: <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>.
- Thomas L, Buckland S T, Rexstad E A, Laake J L, Strindberg S, Hedley S L, Bishop J R B, Marques T A, Burnham K P. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology*, **47** (1): 5 - 14.
- Wade P R, Gerrodette T. 1993. Estimates of cetacean abundance and distribution in the eastern tropical Pacific. *Report of the International Whaling Commission*, **43**.
- Wang J Y, Hung S K, Yang S C. 2004. Records of Indo-Pacific Humpback Dolphins, *Sousa chinensis* (Osbeck, 1765), from the Waters of Western Taiwan. *Aquatic Mammals*, **30** (1): 189 - 196.
- Wang J Y, Yang S C, Hung S K, Jefferson T A. 2007. Distribution, abundance and conservation status of the eastern Taiwan Strait population of Indo-Pacific humpback dolphins, *Sousa chinensis*. *Mammalia*, **71** (4): 157 - 165.
- Wilson B, Hammond P S, Thompson P M. 1999. Estimating size and assessing trends in a coastal bottlenose dolphin population. *Ecological Applications*, **9**: 288 - 300.
- Wang P. 1999. Chinese Cetaceans. Ocean Enterprises, Ltd., Hong Kong. (in Chinese)
- Wang Q. 2006. Studies on Population Abundance, Distribution and Conservation Strategies of the Indo-Pacific Humpback Dolphin (*Sousa chinensis*) in Beihai Waters. Master Thesis. Anhui Normal University, Wuhu. (in Chinese)
- Wei Z, Wang D, Zhang X, Zhao Q, Wang K, Kuang X. 2002. Population size, behavior, movement pattern and protection of Yangtze finless porpoise at Balijiang section of the Yangtze River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, **11** (5): 427 - 432. (in Chinese)
- Xiao W, Zhang X F. 2000. A preliminary study on the population size of Yangtze finless porpoise in Poyang Lake, Jiangxi. *Biodiversity Science*, **8** (1): 106 - 111. (in Chinese)
- Xiao W, Zhang X. 2002. Distribution and population size of Yangtze finless porpoise in Poyang Lake and its branches. *Acta Theriologica Sinica*, **22** (1): 7 - 14. (in Chinese)
- Yang G, Zhou K, Hidehiro K, Tomio M. 1997. An initial study on the population size and distribution of bottlenose dolphin in the East China Sea. *Acta Theriologica Sinica*, **17** (4): 241 - 247. (in Chinese)
- Yang G, Zhou K, Xu X. 2000. Population density, distribution, and incidental catches of bottlenose dolphins in Xiamen-Dongshan waters of the Taiwan Strait. *Acta Ecologica Sinica*, **20** (6): 1002 - 1008. (in Chinese)
- Yu D P, Dong M L, Wang J, Zhang X. 2001. Population status of Yangtze finless porpoise in the Yangtze River section from Hukou to Nanjing. *Acta Theriologica Sinica*, **21** (3): 174 - 179. (in Chinese)
- Zhang X, Wang D, Liu R, Wei Z, Hua Y, Wang Y, Chen Z, Wang L. 2003. The Yangtze River dolphin or baiji (*Lipotes vexillifer*): population status and conservation issues in the Yangtze River, China. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **13** (1): 51 - 64.
- Zhao X, Barlow J, Taylor B L, Pitman R L, Wang K, Wei Z, Stewart B S, Turvey S T, Akamatsu T, Reeves R R, Wang D. 2008. Abundance and conservation status of the Yangtze finless porpoise in the Yangtze River, China. *Biological Conservation*, **141** (12): 3006 - 3018.
- Zhou K, Li Y. 1989. Status and aspects of the ecology and behavior of the baiji, *Lipotes vexillifer*, in the lower Yangtze River. In: Perrin W F, Brownell Jr. R L, Zhou K, Liu J eds. *Biology and Conservation of the River Dolphins. Occasional papers of IUCN/SSC* (vol. 3). Gland, Switzerland: IUCN. 86 - 91.
- Zhou K, Xu X, Tian C. 2007. Distribution and abundance of Indo-Pacific humpback dolphins in Leizhou Bay, China. *New Zealand Journal of Zoology*, **34** (1): 35 - 42.
- Zhang X. 2000. A preliminary study on the population size of Yangtze finless porpoise in Poyang Lake, Jiangxi. *Chinese Biodiversity*, **8** (1): 106 - 111. (in Chinese)

- Zhang X F, Liu R J, Zhao Q Z, Zahng G C, Wei Z, Wang X Q, Yang J. 1993. The population of finless porpoise in the middle and lower of Yangzer River. *Acta Theriologica Sinica*, **13** (4): 260 - 270. (in Chinese)
- 于道平, 董明琳, 王江, 章贤. 2001. 湖口至南京段长江江豚种群现状评估. 兽类学报, **21** (3): 174 - 179.
- 王丕烈. 1999. 中国鲸类. 香港: 海洋企业有限公司.
- 王倩. 2006. 广西北海水域中华白海豚种群数量、分布动态及保护对策研究. 安徽师范大学硕士学位论文. 芜湖.
- 华元渝, 章贤. 1994. 跟踪拍照识别白暨豚的研究. 长江流域资源与环境, **3** (4): 337 - 341.
- 林克杰, 陈佩薰, 华元渝. 1985. 白暨豚种群数量及资源保护. 生态学报, **5**: 77 - 85.
- 刘文华, 黄宗国. 2000. 厦门中华白海豚的分布和数量. 海洋学报 (中文版), **22** (6): 95 - 101.
- 刘宣. 2007. 中华白海豚 (*Sousa chinensis*) 的栖息地选择. 华南师范大学硕士学位论文. 广州.
- 陈大山, 吴瑞荣. 1997. 珠江口中华白海豚观察报告. 水产科技, (6): 1 - 2.
- 陈佩薰, 刘沛霖, 刘仁俊, 林克杰, G. 皮莱里. 1980. 长江中游 (武汉—岳阳江段) 豚类的分布、生态、行为和保护. 海洋与湖沼, **11** (1): 73 - 84.
- 陈佩薰, 华元渝. 1987. 三峡工程对白暨豚的影响和物种保护. 见: 中国科学院三峡工程生态与环境科研项目领导小组编. 长江三峡工程对生态与环境的影响及其对策研究论文集. 北京: 科学出版社.
- 陈佩薰, 张先锋. 1993. 白暨豚的现状和三峡工程对白暨豚的影响评价及保护对策. 水生生物学报, **17** (2): 101 - 111.
- 陈佩薰, 刘仁俊, 王丁, 张先锋. 1997. 白暨豚生物学及饲养与保护. 北京: 科学出版社.
- 陈炳耀. 2007. 厦门中华白海豚种群生物学与保护研究. 南京师范大学博士学位论文. 南京.
- 肖文, 张先锋. 2000. 截线抽样法用于鄱阳湖江豚种群数量研究初报. 生物多样性, **8** (1): 106 - 111.
- 肖文, 张先锋. 2002. 鄱阳湖及其支流长江江豚种群数量及分布. 兽类学报, **22** (1): 7 - 14.
- 杨伯华, 邓超冰. 2006. 北部湾沿海的中华白海豚. 中国水产, (10): 70 - 72.
- 杨光, 周开亚, 加藤秀弘, 宫下富夫. 1997. 东海水域瓶鼻海豚种群数量和分布的初步研究. 兽类学报, **17** (4): 241 - 247.
- 杨光, 周开亚, 徐信荣. 2000. 台湾海峡厦门—东山水域瓶鼻海豚的种群密度、分布和误捕研究. 生态学报, **20** (6): 1002 - 1008.
- 杨健, 肖文, 匡新安, 魏卓, 刘仁俊. 2000. 洞庭湖、鄱阳湖白暨豚和长江江豚的生态学研究. 长江流域资源与环境, **9** (4): 444 - 450.
- 张先锋, 刘仁俊, 赵庆中, 张国成, 魏卓, 王小强, 杨健. 1993. 长江中下游江豚种群现状评价. 兽类学报, **13** (4): 260 - 270.
- 张振华. 2009. 湛江东部海域中华白海豚的数量和分布. 南京师范大学硕士学位论文. 南京.
- 周开亚, 钱伟娟, 李悦民. 1977. 白暨豚分布的调查. 动物学报, **23** (1): 72 - 79.
- 周开亚. 1982. 关于白暨豚的保护. 南京师范学院学报 (自然科学版), (4): 71 - 74.
- 周开亚, 杨光. 1998. 南京—湖口段长江江豚的种群数量和分布特点. 南京师范大学学报 (自然科学版), **21** (2): 91 - 98.
- 贾晓平, 陈涛, 周金松, 郭智. 2000. 珠江口中华白海豚的初步调查. 中国环境科学, (S1): 80 - 82.
- 魏卓, 王丁, 张先锋, 赵庆中, 王克雄. 2002. 长江八里江江段江豚种群数量、行为及其活动规律与保护. 长江流域资源与环境, **11** (5): 427 - 432.